

587574

35
47051
T3

国际交流地质学术论文集

为二十六届国际地质大会撰写



成矿作用和矿床

地质出版社

中国北京

5
47051
3

35
47051
T3

587574

国际交流地质学术论文集

——为二十六届国际地质大会撰写——

(三)

成矿作用和矿床

地质出版社

中国北京

国际交流地质学术论文集
——为二十六届国际地质大会撰写——

(三)

成矿作用和矿床

*

地质部书刊编辑室编辑

地质出版社出版

(北京西四)

地质印刷厂印刷

(北京安德路47号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本: $787 \times 1092^{1/16}$ · 印张: $9\frac{3}{8}$ · 字数: 222,000
1980年4月北京第一版 · 1980年4月北京第一次印刷

印数1—4,020册 · 定价1.20元

统一书号: 15038·新521

前 言

随着我国转入社会主义四个现代化建设以来，地质事业和地质科学研究得到了更广泛的重视和发展。为了更好地进行国际学术交流，促进地质科学研究水平进一步提高，我国地质学家们积极为1980年7月在法国巴黎召开的第二十六届国际地质大会撰写学术论文。鉴于大会除专题报告外，对其他论文只印出论文摘要，因此，我们将论文汇编成集以满足国内外的需要。

《论文集》按其专业内容性质，共分为七个分册：

(一) 构造地质 地质力学

(二) 矿物 岩石 地球化学

(三) 成矿作用和矿床

(四) 地层 古生物

(五) 水文地质 工程地质 第四纪地质 地貌

(六) 物探 化探 数学地质

(七) 前寒武纪地质

这些论文在提交时，曾经过有关专家的审查和作者的认真修改，又得到编纂、译校人员和地质出版社的大力支持，使这一论文集得以在二十六届国际地质大会之前出版，这是大家共同努力的结果。在此，一并表示谢意。

第二十六届国际地质大会筹备办公室

一九七九年九月一日

目 录

1. 中国鞍山地区前寒武纪铁建造中弓长岭型富磁铁矿的成因	郑宝鼎 王联魁 王守伦 (1)
2. 从岩浆岩成矿专属性的角度讨论中国接触交代型铁矿的成因分类	赵一鸣 毕承思 (7)
3. 玢岩铁矿化蚀变作用及成矿机理	陈毓川 张荣华 盛继福 艾永德 (17)
4. 中国某些内生铁矿床形成的几个基本问题	吴利仁 (27)
5. 中国主要铁矿类型及其区域成矿分析的一些新认识	地质部铁矿综合研究组 (35)
6. 论铁铜层控矿床的岩相控制——以中国西南地区某些矿床为例	刘宝珺 徐新煌 余光明 (43)
7. 论中国东南部几个断裂拗陷带中某些铁铜矿床的成因问题	徐克勤 朱金初 任启江 (49)
8. 碳酸盐地层中的某些层控铅锌矿床成因——以中国矿床为例说明	涂光炽 尹汉辉 (59)
9. 青藏高原东部斑岩铜(钼)矿及其成矿构造背景	宁奇生 李永森 刘兰笙 (67)
10. 中国南岭及其邻区钨矿成矿规律	执笔人 花友仁等 (77)
11. 华南花岗岩与铀成矿的关系	王炎庭等 (85)
12. 华南盛源火山盆地的铀矿床	王传文 陈肇博 谢佑新 (93)
13. 塔里木盆地油气展望	江圣邦 (101)
14. 中国东部两类不同性质的中生界大型含油气盆地	郭正吾 (107)
15. 中国东部晚震旦世及早寒武世磷块岩的形成和沉积建造特点	叶连俊 孙 枢 陈其英 (113)
16. 中国碎屑岩系中盐类矿床的形成条件	袁见齐 霍承禹 (121)
17. 中国南方早古生代煤的特征及其分布规律	潘随贤 林 骥 汤代义 (127)
18. 论中国泥炭的沉积环境与其形成的气候控制问题	曲星武 张伟才 (139)

CONTENTS

The Genesis of Gongchangling High-Grade Magnetite Ore in the Precambrian Iron Formation in the Anshan Area, China.....	6
Zhen Baoding, (<i>Company of Geological Exploration, Complex of Iron & Steel of Anshan</i>)	
Wang Liankui, (<i>Institute of Geochemistry of Guiyang, Academy of Sciences of China</i>)	
Wang Shoulun, (<i>Geological Survey of Tianjin, Ministry of Metallurgical Industry</i>)	
On Genetic Classification of the Contact Metasomatic Iron Deposits of China with Respect to the Metallogenetic Speciality of Their Related Magmatic Rocks.....	14
Zhao Yiming, Bi Chengsi, (<i>Geological Institute of Mineral Deposits, the Chinese Academy of Geological Sciences</i>)	
The Mineralization and Alteration of the Porphyrite Iron Deposits and Their Mechanism	25
Chen Yuchuan, Zhang Ronghua, Sheng Jifu and Ai Yungde(<i>Geological Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences</i>)	
Some Basic Problems of the Formation of Certain Endogenic Iron Ore Deposits in China.....	34
Wu Lirin, (<i>Institute of Geology, Academia Sinica</i>)	
Some New Knowledge Concerning the Main Types of Iron Deposits of China and Their Minerogenetic Analysis	41
Cheng yuqi, Chen Xin and Xia Xianmin, (<i>Research Group of Iron Deposits, State Bureau of Geology, P. R. China</i>)	
A Discussion of the Lithofacies Control of Certain Stratabound Iron and Copper Deposits	48
Based on <i>Some Ore Deposits in Southwest China</i> Liu Baojun, Xu Xinhuang and Yu Guangming (<i>Chengdu College of Geology, China</i>)	
On the Origin of Some Iron and Copper Deposits in Several Marine Fault Depressions of Southeastern China.....	57
Hsu Kechin, Chu Kingtsu and Ren Chikiang, (<i>Department of Geology, Nanking University, Nanking, China</i>)	

On the Genesis of Some Stratabound Carbonate-Hosted Pb-Zn Mineralization, As Exemplified By the Chinese Deposits	66
Tu Guangzhi and Yin Hanhui	
Porphyry Copper Deposits of the Eastern Qinghai-Tibet Plateau and Their Background of Metallogenic Structures	76
Ning Qisheng, Li Yongsen and Liu Lansheng, (<i>Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences</i>)	
Metallogenetic Regularities of the Tungsten Deposits in Nanling and Its Environs, China	84
Hua Yourin <i>et al.</i> (<i>The Study Group of the Tungsten Deposits in Nanling, Metallurgical Ministry</i>)	
The Relationship Between the Granite and Uranium Mineralization in South China	91
Wang Yanting <i>et al.</i> (<i>Beijing Uranium Geology Research Institute</i>)	
The Uranium Deposits in Shengyuan Volcanic Basin, South China	100
Wang Chuanwen, Chen Zhaobo and Xie Youxin, (<i>Beijing Uranium Geology Research Institute</i>)	
Oil and Gas Prospect of the Tarim Basin	106
Jiang Shengban, (<i>Petroleum Geological Complex Brigade Jiang Ling, China</i>)	
Two Types of Mesozoic Oil Gas Basins in the Eastern Part of China	111
Guo Zhenwu (<i>Department of Petroleum Geology, State Bureau of Geology</i>)	
Origin and Characteristics of Lithologic Associations of Late Sinian and Early Cambrian Phosphorites in Eastern China	118
Ye Lientsun, Sun Shu and Chen Qiyong (<i>The Institute of Geology, Academia Sinica</i>)	
On the Originating Conditions of Salt Deposits in the Detrital Sequence of China	126
Yuan Jianqi (C. T. Yuan) and Huo Chongyu (<i>Hubei Geological College</i>)	
The Characteristics of Early Palaeozoic Coals in South China and Regularities of Their Distribution	137
Pan Suixian, Lin Ji and Tang Daiyi (<i>Institute of Geological Exploration, Ministry of Coal Industry, Xian, China</i>)	
The Depositional Environment and Climatic Control of the Formation of Peat in China	144
Qu Xingwu <i>et al.</i> (<i>Institute of Geol. Pros., Ministry of Coal, Xian, China</i>)	

中国鞍山地区前寒武纪铁建造中 弓长岭型富磁铁矿的成因

郑宝鼎

(鞍钢地质勘探公司)

王联魁

(中科院贵阳地化所)

王守伦

(冶金部天津地质所)

前言

全球性分布的前寒武纪铁建造,在中国东北鞍山一带也分布较广泛,其中在弓长岭等地还有大型富磁铁矿床。对弓长岭富磁铁矿床成因主要看法有:含铁石英岩经混合热液交代而成^[1,2],和变质水富集而成^[3]。近年来我国许多地质工作者对弓长岭富磁铁矿床用矿床地质、地球化学、成矿实验、同位素地质和包体测温等多种手段进行了研究,取得了一些新资料和新认识^①。本文^②综合了前人有关研究成果,进一步论述了弓长岭富磁铁矿床是含铁石英岩等变质岩经混合岩化热液(气)交代而成。

地质概况

鞍山地区位于辽宁省鞍山市至本溪市一带,在大地构造上位于华北地台辽东台背斜中部。区域出露地层有太古界鞍山群、元古界辽河群、震旦亚界、古生界、中生界和新生界等地层。区域构造变动复杂,区域变质和混合岩广泛发育。鞍山群沉积变质岩系^③受到属角闪岩相中级区域变质作用,在混合岩中呈大小不等的残留体。鞍山群铁建造与阿尔果马型铁建造氧化相大体相似。

弓长岭矿区位于鞍山地区中部。矿区地层属鞍山群沉积变质岩系中部,总厚约600米(图1、2),自下而上为:

1. 角闪岩层:斜长角闪岩,20~385米。
2. 下含铁带:包括第一、第二层铁矿,均为角闪磁铁石英岩,其间夹斜长角闪岩,底部为黑云母(或绿泥石)片岩,总厚20~100米。
3. 中部钠长变粒岩:绿泥(或黑云母)钠长变粒岩,厚70~90米,局部夹第三层铁

① 中国科学院鞍本富铁矿科研队1978年2月编写了《弓长岭型富磁铁矿床的形成条件、找矿标志及成矿预测(1976~1977年阶段总结报告)》。

② 本文为鞍山钢铁公司地质勘探公司、中国科学院鞍本富铁矿科研队(中国科学技术大学40余人,中国科学院贵阳地球化学研究所20余人)、冶金工业部天津地质调查所等单位的集体研究成果。

③ 根据肖仲洋1978年有关文章,该群第一次区域变质作用同位素年龄>3000百万年。

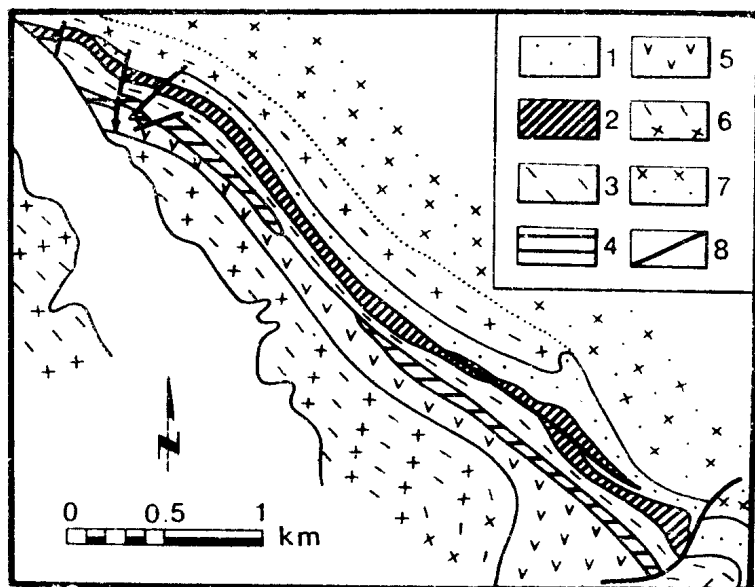


图 1 中国弓长岭铁矿床
(二矿区) 地质图

1—硅质岩层；2—上含铁带；3—
中部钠长变粒岩；4—下含铁带；
5—角闪岩层；6—弓长岭混合岩；
7—麻峪混合花岗岩；8—断层

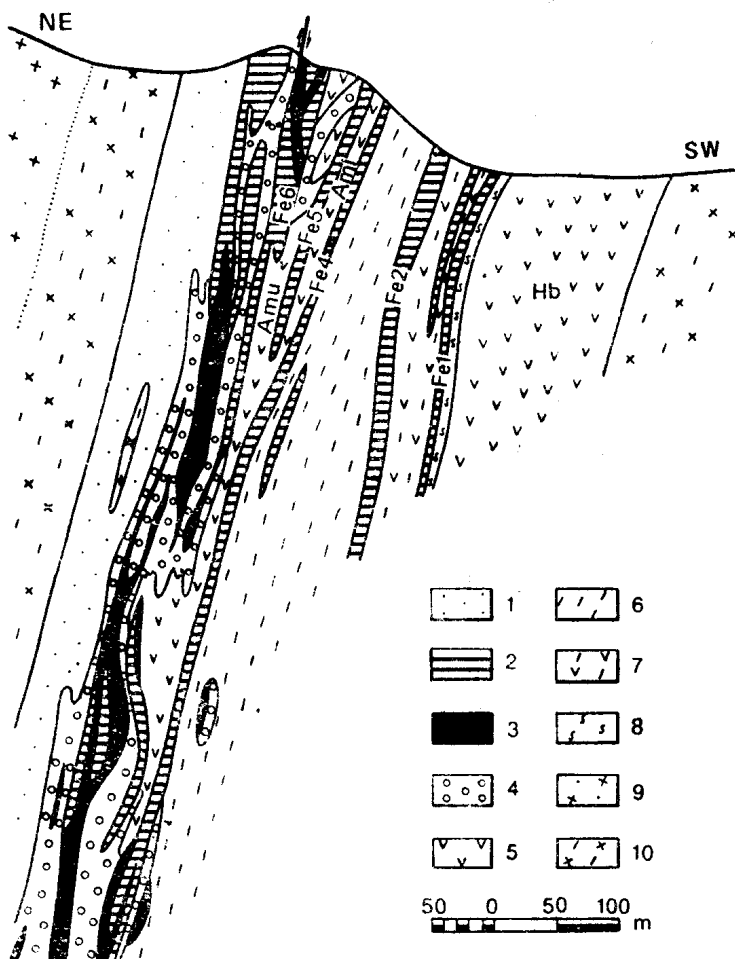


图 2 弓长岭铁矿床 (二
矿区) 地质剖面图

1—硅质岩层；2—磁铁石英岩($\text{Fe}_1 \sim \text{Fe}_6$ ，第一～第六层铁矿)；3—富磁铁矿；4—蚀变岩；5—斜长角闪岩(Amu ，上角闪岩； Aml ，下角闪岩； Hb ，角闪岩层)；6—中部钠长变粒岩；7—中部片岩；8—底部片岩；9—麻峪混合花岗岩；10—弓长岭混合岩

矿，为磁铁石英岩。

4. 上含铁带：包括第四、第五、第六层铁矿，均为角闪磁铁石英岩，分别厚2~22米、0~15米、5~110米。铁矿层中间为钠长角闪岩，上、下分别称为上、下角闪岩，各厚10~40米，6~22米。

5. 硅质岩层：绢云母石英片岩、石英岩，厚30~100米。

矿区混合岩可分两亚期。较老的为弓长岭混合岩(U—Pb同位素年龄为2132百万年)^①，主要分布于矿区西南侧，部分分布于东北侧。该混合岩一般呈灰白色、中细粒，与变质岩系为混合交代接触，具分带现象。较新的为麻峪混合花岗岩(U—Pb同位素年龄为1821百万年)^②，分布于矿区东北，为红色中粗粒微斜混合花岗岩。麻峪混合花岗岩比弓长岭混合岩的硫化物、稀土和钍矿物较多，铁镁质和挥发分(H₂O、CO₂)稍高。与混合岩化有关的脉岩有长英岩、伟晶岩和石英脉，在混合岩的边部较发育。在矿区中央地段热液(气)蚀变岩较发育。受蚀变的岩层主要有上含铁带和硅质岩层。蚀变岩呈脉状或似层状，厚几米至几十米。一般蚀变岩呈暗绿色，由含量不等的镁铁闪石、绿钠闪石^③、铁铝榴石、绿泥石(叶绿泥石、铁绿泥石)、黑云母和磁铁矿等矿物所组成。近富铁矿的蚀变岩分带性不显著。在硅质岩层和其附近混合岩中，白云母和黑云母含钾矿物也较发育。此外矿区尚有黑电气石、硫化物和碳酸盐等，多呈细脉。

矿区地质构造主要经历了两期构造运动。早期是伴随区域变质作用的褶皱运动，形成了矿区的单斜构造，其走向北20~60西，倾向北东，倾角60~80，以及多分布于第六层铁矿上、下盘的走向断裂。晚期在早期构造的基础上形成了次级横向开阔褶皱。富铁矿的成矿作用发生在晚期，受走向断裂和横向褶皱综合控制。

区内铁矿有含铁石英岩和富铁矿。含铁石英岩呈层状，大部为角闪磁铁石英岩。矿石部分呈条带状，主要化学成分：全Fe 27~39%，SiO₂ 32~48%。富铁矿大部分产于第六层铁矿及其附近的蚀变岩中，多呈似层状、脉状。其产状与产状围岩基本一致，但也有以小角度与围岩斜交的。一般富铁矿体上部较小，但向深部有扩大趋势。富铁矿多呈致密块状，部分呈变余细纹状。矿石矿物主要为磁铁矿，少量有磁赤铁矿，脉石矿物主要为石英、镁铁闪石、石榴石和绿泥石，偶有锆石和锐钛矿。富铁矿中还常有少量的碳酸盐细脉和黄铁矿细脉。富铁矿主要化学成分：全Fe 54.72~67.91%，SiO₂ 2.28~21.58%。

富磁铁矿的成因

条带状含铁石英岩是经沉积作用和区域变质作用形成的，而富磁铁矿主要是在含铁石英岩的基础上经混合岩化热液(气)交代而成的。野外观察和室内研究表明富磁铁矿比含铁石英岩经历了又一次地质作用，具有热液交代成矿特征。

富磁铁矿不仅穿插磁铁石英岩，也穿插各种蚀变岩。富铁矿与围岩界线一般是清楚的。

磁铁石英岩和富磁铁矿的磁铁矿世代不同。磁铁矿主要可分为三个世代。最早的是沉积变质形成的磁铁石英岩的磁铁矿，粒度细(0.02~0.3毫米)，晶形不完整，与石英呈嵌镶结构。第二世代的磁铁矿，常包于石榴石和镁铁闪石中，多呈晶形完整的八面体，晶体

① 中国科学技术大学地球化学专业 1977年3月 辽宁省弓长岭地区同位素地质年龄测定工作小结(阶段报告)。

② 李绍柄 1978 弓长岭矿区产出的绿钠闪石(hastingsite)。

大 0.1~10.0 毫米。第三世代的磁铁矿是形成富铁矿的主要铁矿物,自形晶到半自形晶,颗粒 0.5 毫米左右。此世代磁铁矿交代石榴石和镁铁闪石。

富铁矿的 S、Cu、K 和 Na 比磁铁石英岩的都高 (见下表):

矿 石	元 素 (%)	S	Cu	K	Na
磁铁石英岩 (15件)		0.043	0.0011	0.042	0.063
富磁铁矿 (14件)		0.247	0.0116	0.096	0.261

注: 据李曙光等 1977 弓长岭矿区黑富矿微量元素特征及其成因的初步探讨。

这说明富铁矿的形成与碱质 (尤其是 Na) 和硫化物都有联系。

测定 19 件不同世代黄铁矿的硫同位素^①, 说明其 δS^{34} 变化较大 ($-4.49 \sim +14.11\%$)。沿含铁石英岩条带分布的第一世代黄铁矿, 呈细粒状或晶体完好的变晶, 其 δS^{34} 为 $-0.32 \sim +0.19\%$ 。富铁矿和蚀变岩中的第二世代黄铁矿, 呈细脉或网脉穿插磁铁矿, 其 δS^{34} 为 $+3.02 \sim +14.11\%$ 。这说明富铁矿中的硫比含铁石英岩的相对富集 δS^{34} 。

综上所述, 富铁矿与含铁石英岩具有不同特征, 富铁矿形成于含铁石英岩区域变质之后, 具有明显的热液交代特征。野外地质观察和一些研究说明形成富铁矿的成矿热液与混合岩化作用有密切关系。

在矿区硅质岩层附近的混合岩中见有绿泥石化、白云母化和黑云母化。也见有伟晶岩和石英脉被石榴石、绿泥石交代, 以及被磁铁矿小脉穿插。

副矿物研究表明, 富铁矿中不但有含铁石英岩的副矿物组合, 还有混合岩中磁黄铁矿、黄铜矿、钼矿和锐钛矿等特征矿物^②。

矿区不同岩石的石英包体盐度 (NaCl 重量%当量) 有高、低两类, 分界值约为 13.0。下含铁带只有低盐度 (4.5~10.3) 包体, 而混合岩和有富铁矿的上含铁带则有两类盐度 (1.5~11.7, 15.3~24.0) 包体。混合岩和富铁矿中石英包体盐度极为相近, 变化也具连续性^③。

对矿区内方解石和铁白云石细脉的 Mn^{2+} 作电子顺磁共振法的定量分析, Mn^{2+} 含量一般在 0.1% 以上, 最高达 1~3%。而云母石英片岩、含铁石英岩和角闪岩的 Mn 含量仅为 0~0.07%。如果碳酸盐细脉是从这些含 Mn 低的岩石, 就地取材侧分泌而成, 则其 Mn^{2+} 含量应为 0.0n% 左右, 不会达 1%。因此碳酸盐细脉可能来自被混合岩化的岩层, 由混合热液带来 Mn^{2+} 和 CO_2 , 并在热液晚阶段形成^④。

矿区附近的混合岩与富铁矿中黄铁矿 δS^{34} 值都偏高, 落在相同范围内, 说明二者都受成矿热液的影响。而含铁石英岩与远离矿区的混合岩中黄铁矿 δS^{34} 都接近于 0, 或近于 0 的低值^⑤。

矿区变质岩、蚀变岩和混合岩 (34 件) 的 K—Ar 等时年龄几乎相等 (1660~1860 百万

① 据杨凤筠 1978 年 9 月《矿物成因在硫同位素地质研究中的重要意义》。
② 据洪文兴等 1978 鞍山—弓长岭地区混合岩的分期, 特征及其与铁矿关系的初步研究。
③ 李秉伦等 1977 根据矿物中包括研究试论弓长岭铁矿二矿区磁铁富矿的成因及找矿标志。
④ 据中国科学院贵阳地球化学研究所十室 1977《关于弓长岭二矿区黑富矿形成条件若干问题的初步研究 (中间报告)》。
⑤ 据陈江峰等 1978《辽宁省弓长岭二矿区富铁矿床硫同位素组成的初步讨论 (摘要)》。

年)①,表明约在1700百万年前曾有一规模巨大的地质热力事件,富铁矿的形成可能与其有关。

由混合岩化产生的热液形成富铁矿的机理是什么呢?在混合岩化作用的脉岩形成以后,产生了混合岩化热液,它是从混合岩化区排出富含 CO_2 、 H_2 等酸性挥发分的高温水溶液。(据2件伟晶岩样和1件石英脉样的石英气相色谱分析,1000克石英的流体包体含有21118~7.052毫升的气体,主要为 CO_2 ,次为 H_2 和 CH_4)②。热液活动表现有继承性和阶段性。在高温高压条件下深部酸性热液,沿构造裂隙带向上部压力降低方向转移,当酸性热液经过深部含铁石英岩、斜长角闪岩和钠长变粒岩等变质岩时,从其中吸取了Mg、Fe、Al、Na和K,热液逐渐变为弱碱性。富铁矿的形成经历了镁铁交代和铁交代两个阶段。

镁铁交代:弱碱性热液沿构造裂隙带继续向上移动,对更上部的含铁石英岩和其他变质岩进行交代,形成蚀变岩。热液对不同岩石交代时,其组分的加入和带出不完全一样。如含铁石英岩被交代形成蚀变岩时,一般加入Al、Mg和K,而带出Si和少量Fe。如当斜长角闪岩蚀变时,Fe、Al为带入元素,而Mg、Ca、K和Na($\text{Na} > \text{K}$)大量带入溶液,溶液的pH值进一步增大。

铁交代:在镁铁交代阶段,氧逸度相对较低,这时铁大部分留在溶液中,随着氧逸度相对增高,溶液pH值进一步增大,有利于Si和Al从岩石中溶解带出,而铁呈磁铁矿形式从溶液中析出,形成富铁矿。

根据研究蚀变岩和富铁矿形成条件的三个成矿实验③,说明形成含镁铁闪石、铁铝石榴石和磁铁矿的蚀变岩的物理化学条件可以是:温度大于 450°C ,压力1000~2000巴,pH值6~12,氧逸度10~25以下。对含铁石英岩去硅淋滤实验表明:去硅最好条件是:温度 500°C 左右,pH值8, $p_{\text{H}_2\text{O}}$ 1000 kg/cm³(约1500巴)。富铁矿和蚀变岩的爆裂法测温约为 350°C ④,这也说明成矿热液是高温的。

总之,该区铁矿的形成经历了沉积作用,区域变质作用和混合岩化热液交代作用。成矿溶液由酸性变为碱性,富磁铁矿形成于高温条件下,主要经历了镁铁交代和铁交代,二者同时都是去硅的。形成富磁铁矿的围岩不仅是条带状含铁石英岩,也有部分其他变质岩。热液中鉄的来源主要是深部含铁石英岩,而碱质(主要是Na)来自含Na围岩。

本文承中国地质科学院程裕淇、东北工学院关广岳、鞍钢矿山公司李鸿业和天津地质调查所杨敏之等同志热情指导,作者谨向他们表示诚挚的感谢。

参 考 文 献

- [1]程裕淇 1957 中国东北部辽宁山东等省前震旦纪鞍山式条带状铁矿中富矿的成因问题。地质学报, 37卷2期, 科学出版社, 153~176页。
[2]程裕淇 赵一鸣 陆松年 1978 中国几组主要铁矿类型。地质学报, 52卷4期, 科学出版社, 253~267页。
[3]关广岳 1961 论变质作用在鞍山式铁矿床富矿形成上的意义。地质学报, 41卷1期, 科学出版社。

① 据中国科学技术大学地球化学专业1977年关于弓长岭地区同位素地质年龄工作小结(阶段报告)。根据矿区同位素年龄工作,鞍山群岩石曾在1660—1860百万年又经受了一次区域变质作用,其时代与蚀变岩和混合岩的形成期相当。

② 据李秉伦等1978弓长岭铁石英流体包体的气体成分及其地质意义(摘要)。

③ 据中国科学院鞍山富铁矿科研队1978弓长岭型富磁铁矿床的形成条件、找矿标志及成矿预测(1976~1977年阶段总结报告)。高温高压实验为:镁铁闪石类-铁铝石榴石-镁铁绿泥石类组合的合成实验,含铁石英岩-斜长角闪岩-长石云母石英片岩的蚀变实验和含铁石英岩的去硅淋滤实验。

④ 同4页脚注②。

THE GENESIS OF GONGCHANGLING HIGH- GRADE MAGNETITE ORE IN THE PRECAM- BRIAN IRON FORMATION IN THE ANSHAN AREA, CHINA

Zhen Baoding

(Company of Geological Exploration, Complex of Iron & Steel of Anshan)

Wang Liankui

(Institute of Geochemistry of Guiyang, Academy of Sciences of China)

Wang Shoulun

(Geological Survey of Tianjin, Ministry of Metallurgical Industry)

Abstract

The iron formation of the precambrian Anshan group (isotopic age $>3000\text{m.y.}$) which has been subjected to medium-grade regional metamorphism is widely distributed in the migmatites in the Anshan area, Northeast China. The iron deposits are mostly represented by banded itabirite, and there are some deposits of high-grade magnetite ores at Gongchangling and other places. The high-grade magnetite ores occur not only in the banded itabirite, but also in various alteration rocks derived from plagioclase-amphibolite, albite-granulite* and quartzite, which are composed of cummingtonite, hastingsite, almandine, chlorite and magnetite. The mineral composition of such magnetite ores is not entirely analogous to that of the itabirite. The main ore mineral magnetite is of different generations. The ores are formed as a result of replacement of itabirite and also metamorphosed rocks by hot solutions (gases) produced during migmatization (at about $1600 \pm \text{m. y.}$) after regional metamorphism. The ore solutions are probably weakly acidic at the early stage, while due to the gradient of pressure they travel upwards along the structural fracture zone through the itabirite and sodium-bearing plagioclase-amphibolite, it absorbs Mg, Fe, Al, K and Na ($\text{Na} > \text{K}$) from them and becomes gradually weakly alkaline. The ores are mainly formed by Mg-Fe metasomatism and Fe metasomatism, both involving desilication.

The Mg-Fe metasomatism gives rise to various altered rocks, and afterwards with increasing release of oxygen, the pH value of the solution is also increased. This is favourable for the removal of Si and Al from the rocks and separation of Fe from the solutions in the form of magnetite to form high-grade magnetite ores. The iron substance in ore solutions was mainly derived from the itabirite in the deep part of the metamorphic series.

* Provisionally coined by Cheng Yuqi and others in 1972 for a rock similar to leptyte.

从岩浆岩成矿专属性的角度讨论中国 接触交代型铁矿的成因分类

赵一鸣 毕承思^①

(中国地质科学院矿床地质研究所)

关于内生铁矿床岩浆岩成矿专属性问题,许多国内外地质工作者曾进行过工作,大多认为成矿有关的岩浆岩主要为闪长岩类、辉长岩类或正长岩类^[1,2,3,4]。作者根据多年从事接触交代铁矿工作的体会,在前人大量地质工作的基础上,通过已有资料的综合分析、对比,从岩浆岩成矿专属性角度,对我国接触交代铁矿床提出初步成因分类(表1)。这一分类试图反映不同类型的成矿侵入岩建造与铁矿石、近矿交代岩的矿物地球化学特征以及矿化规模等方面的联系。

一、侵入体岩性特征和铁矿富集的关系

我国接触交代铁矿床按成矿岩体酸度不同,大致可划分四个类型^②:

(一) 与基性岩类有关的铁矿床:

这类矿床为数不多,规模相对较小,侵入体岩性以辉长岩向闪长岩类的过渡系列和较浅成的辉绿岩类对成矿较为有利。如在山东济南地区,中心相辉长岩和灰岩接触,一般是无矿的,矿点大多集中在东部辉长闪长岩类岩体和灰岩的接触带。基性程度较高的和较深成的辉长岩类之所以对成矿不利,可能是由于这类岩体挥发组分和碱金属含量较低,不能促使铁质有较大幅度的迁移和富集。

(二) 与中性岩类有关的铁矿床:

这是我国接触交代铁矿床中最重要的类型,广泛分布于华北地台和长江中下游地区。有关侵入体的时代多为燕山期。按其岩性、侵入深度、围岩和矿化特征的不同,可分两个亚类。

第一亚类的侵入体岩性主要为闪长岩和二长岩类,包括辉石闪长岩、黑云母闪长岩、含石英闪长岩、正长闪长岩、辉石二长岩和二长岩等,属于中偏基性或中偏碱性的杂岩体。

第二亚类是与闪长玢岩有关的铁矿床,即所谓“玢岩铁矿”^[6]。闪长玢岩侵入体的岩石化学特征和华北地台的闪长岩、二长岩类十分接近。伴生的金属元素单一,近矿岩体(或火山岩围岩)的钠质交代现象也十分显著,表现为钠长石化和方柱石化。因此,从岩浆岩成矿专属性的意义上看,两者有不少共同之处,但也有不同点,我们趋向于把它们划为与

① 李大新、孙静华参加了部分工作。

② 这一分类的萌芽思想,程裕淇、赵一鸣、陆松年在讨论中国几组铁矿类型时提出过^[6]。

表 1 中国接触交代铁矿床成因分类

矿床类型	与成矿有关的 侵入体建造	侵入体酸度 (S 值)①	金属矿化 元素组合	矿石中主要金属 矿物的某些 地球化学特征	内接触带 碱质交代作用	矿石或近矿交代 岩中富含挥发 组分的主要矿物	矿化围岩	矿床的大地 构造位置	占本类型 矿床储量 比例(%)	代表性矿床 或地区
I、与基 性岩类有关 的矿床	辉长岩、辉长 闪长岩或辉绿岩、 辉长辉绿岩等	48.7—63.4	Fe—Co (Ni)	磁铁矿中含钒、 钛较高，含锰较 低，黄铁矿中含 钼很高	钠长石化、方 柱石化发育，局 部有钾长石化	方柱石 (Cl) 金 云母 (F) 或含氟 角闪石 (Cl, OH)	灰岩为主， 次为白云质 灰岩	褶皱带 (如天 山褶皱带) 和准 北地台隆起区的相 对凹陷部位	3	甘肃卡休其他 新疆磁海济南地 区
	闪长岩—二长 岩类		Fe—Co	磁铁矿中含钒、 钛较低，含锰亦 低，黄铁矿中含 钼高	钠长石化广泛 发育，部分矿体 有方柱石化，局 部有钾长石化	方柱石 (Cl) 金云母 (F, OH)	同上	较稳定的华北 地台隆起区的相 对凹陷部位		邯邢地区、晋 东南地区、鲁豫 苏皖、鲁中地区
	闪长玢岩	60.4—71	Fe—(Ti, V)	磁铁矿中含钒、 钛很高，含锰较 低	钠长石化广泛 发育，另有方柱 石化钾长石化	方柱石 (Cl) 磷灰石 (F, Cl)	安山岩类、闪 凝灰岩、闪 长玢岩和灰岩 等	活动性较大的 下扬子凹陷带	61	宁芜地区有关 矿床
III、与中 酸性岩类有 关的矿床	花岗岩闪长岩 (或石英二长岩) —正长闪长岩— 石英闪长岩	64.4—78.2	Fe—Cu— Co	磁铁矿中含钒、 钛较高，含锰较 低，黄铁矿中含 钼中等	钠长石化，钾 长石化，方柱石 化，绿云母化	方柱石 (Cl)、 含铁金云母 (F, Cl)、金云母 (F)	灰岩次为 白云质灰岩	活动性较大的 下扬子凹陷带	10	鄂东南地区
	花岗岩闪长(斑) 岩 (花岗斑岩)	73.7—79.5	Fe—Mo— Cu—Zn— Pb— Fe—Pb— Zn	磁铁矿中含钒、 钛很低，含锰较 高，黄铁矿中含 钼很低	钾长石化 绢云母化 沸石化	粒 (斜) 硅镁 石 (F) 金云母 (F) 蛇纹石 (OH)	白云岩， 灰岩、砂岩 互层	分布于褶皱带 和隆起区的凹陷 带		陕南、豫西， 青海都兰地区
IV、与酸 性岩类有关 的矿床	花岗岩类	78—83	Fe—Mo、Fe— Zn、Fe— Sn或Fe—Mo —W—Sn— Cu—Pb—Zn —Bi	磁铁矿中含钒、 钛很低，含锰很 高，黄铁矿中含 钼很低	主要为钾长石 化，次有钠长石 化，绢云母化	萤石 (F)、磷 石 (F)、硅镁石族 (F)、符山石 (F, Cl)、含氟角闪石 (Cl)、含硼矿物 (B)	灰岩、白 云岩、凝灰 岩、砂岩		26	闽西南地区、 广东大顶、辽宁 黄岗、四川泸沽、 黑龙江翠宏山、 二股西山

① 札氏数值特征。

中性侵入岩类有关的接触交代铁矿床的两个亚类。

(三) 与中酸性岩类有关的铁矿床:

这类矿床在鄂东南地区较集中,但就全国范围看,分布并不广泛。成矿岩体同化围岩现象十分明显,故形成一套中酸性杂岩体。以大冶铁山侵入体为例,中心相为花岗闪长岩,过渡相为正长闪长岩,边缘相则变为石英闪长岩或黑云母辉石闪长岩,即从中心到边缘,岩石的基性组分(Fe、Ca、Mg)逐渐增多,而酸性组分相应减少。S值的变化是76→70→64。这种岩性带状分布特点,和正常的结晶分异作用所形成的岩相变化有明显的差别,说明岩体与碳酸盐围岩接触,吸取了围岩的成分。

(四) 与酸性岩类有关的铁矿床:

此类矿床亦占相当比重,分布比较广泛,东南沿海,大小兴安岭和西南、西北等地均可见到。侵入体的岩性有黑云母花岗岩、二长花岗岩、花岗闪长岩和白岗花岗岩等。岩体时代不一,有燕山期、印支期、海西期等。个别还有澄江期。从岩体的侵入深度看,铁矿多与较浅成的中小型岩枝或大岩基边部的岩舌状侵入前缘关系较密切,在大的花岗岩基接触带一般很少有铁矿产出。一般当围岩为泥砂质碎屑岩或火山岩夹灰岩时,侵入体岩性主要为花岗岩类,而当围岩是厚层白云岩类时,侵入其中的岩体多数为花岗闪长岩类。

在闽西南地区的某些矽卡岩铁矿床中,除了花岗岩外还有不少富钠质及钾质辉绿闪长岩类(或闪长玢岩)产出。它们和矽卡岩铁矿体在空间上经常紧密相伴,在形成时间上也较接近,多属于燕山期产物。两类岩石在近矿地段都遭到不同程度的矽卡岩化和其他热液蚀变,有的甚至具磁铁矿化。这说明它们在深部可能有某种内在联系。此外,在该区上古生代和更老的碎屑岩层中有多量含铁偏高的岩层(TFe含量可达5—9%)存在,这些岩层被花岗岩同化后是铁质的来源之一。

上述与铁矿有成因联系的四类侵入体,大致可归属于两大岩系。前两类属于环太平洋的玄武质安山岩浆的产物。根据成矿作用的地球化学特征,岩浆源和成矿物质可能主要来自上地幔。后两类可能属于花岗岩浆作用于硅铝层中不同围岩的产物,形成一系列中酸性杂岩体和酸性岩体,成矿物质可能部分来自被同化的围岩地层。各类岩浆岩建造中,中性岩类对铁矿成矿最为有利,其次是酸性和中酸性岩类。

除了以上四个主要类型外,在我国还发现有少数与超基性岩和碱性岩有关的接触交代铁矿,前者有西藏申札永珠藏布等,矿石中含Cr、Ni、Co等元素甚高;后者见于新疆雅满苏和云南乱洞山等。但对上述二类铁矿目前研究程度均较低。

二、从铁矿伴生的金属矿化组合 看岩浆岩的成矿专属性

从铁矿伴生的金属元素组合看,与基性和中性侵入体有关的矿床最简单,主要是钴,一般呈类质同象赋存于黄铁矿中。部分与辉长岩类有关的铁矿床(如济南流海),还伴有镍,甚至铂。

与中偏酸性侵入体有关的铁矿床除伴生钴以外还有铜,含铜矿物主要为黄铜矿,次有斑铜矿和辉铜矿等。

与酸性岩类有关的铁矿床中,伴生的金属矿化比较复杂,可以出现锡石、辉钼矿、黄

铜矿、闪锌矿、方铅矿、白钨矿和辉铋矿，分别组成锡石—磁铁矿建造，辉钼矿—磁铁矿建造，闪锌矿—磁铁矿建造，辉钼矿—黄铜矿—闪锌矿—磁铁矿建造以及具有 Fe、Cu、Pb、Zn、W、Sn、Bi、Mo 等综合性矿化的矿床。在这些与花岗岩类有关的铁矿床中，往往环绕侵入体显示不同的金属矿化水平分带。如陕西木龙沟矿区，是一个与花岗闪长斑岩有成因联系的镁矽卡岩型铁钼多金属矿床。自岩体向围岩呈现不对称的水平矿化分带： $Mo \rightarrow Fe$ 、 $(Cu) \rightarrow Cu$ 、 $Zn \rightarrow Pb$ 。这种围绕侵入体有规律的矿化分带，说明金属矿化与岩体有密切亲缘关系。

归纳上述四类与不同酸度侵入体有关的接触交代铁矿床的不同金属矿化组合特征，可以清楚地看出岩浆岩成矿专属性的确非常明显。随着成矿岩体酸度的变化，即从基性的辉长岩类→中性闪长岩类→中酸性杂岩体，一直到花岗闪长岩和花岗岩类，铁矿伴生的金属矿化组合相应地可作如下有规律的变化： $Co(Ni, Pt) \rightarrow Co(Ti, V) \rightarrow Cu$ 、 $Co \rightarrow Cu$ 、Pb、Zn、 $Mo \rightarrow Cu$ 、Pb、Zn、Mo、Sn、W、Bi 等。

必须指出，在讨论岩浆岩成矿专属性这一问题时，应充分考虑到不同区域的地球化学特点（元素的区域地球化学丰度）和不同地质时代岩体含矿性的差异，因为在相似酸度的岩性条件下，伴生金属矿化可以相同，也可以有所不同。例如粤东北地区与燕山期（印支期）花岗岩，康滇地轴北段与澄江期花岗岩接触的铁矿床中，主要富含 Sn，闽西南一带的铁矿（主要与燕山期花岗岩类有关）则往往伴生 Pb、Zn 和 Mo，局部含 Sn，而东北小兴安岭地区的一些与海西期花岗岩类有关的铁矿床中则伴生 Cu、Pb、Zn、W、Sn、Mo、Bi 金属矿化。

三、侵入岩酸度对矿石中主要金属矿物的某些特征性元素的影响

已有资料表明，各类矿床矿石中磁铁矿和黄铁矿的某些特征性元素的含量变化是有一

表 2

矿床类型	与成矿有关 侵入岩类型	代表性矿 区或地区	磁铁矿单矿物中标型元素平均含量 (%)			黄铁矿单矿物中 平均含钴量(%)	资料来源
			TiO ₂	V ₂ O ₅	MnO		
I	辉长岩—辉长闪长岩类	济南	0.18(5)	0.049(5)	0.13(5)	0.97	本文
II	闪长岩—二长岩	邯邢	0.087(49)	0.050(49)	0.26(47)	0.283	华北地质研究所
	闪长玢岩	宁芜	1.049(79)	0.314(79)	0.19(64)	—	地矿所
III	石英闪长岩—正长闪长岩—花岗闪长岩	大冶铁山	0.15(7)	0.032(7)	0.16(7)	0.15—0.20	本文
IV	花岗闪长斑岩	陕西木龙沟	0.018(6)	0.0027(6)	0.38(6)	0.012—0.019	本文
	花岗岩	闽南粤东	0.049(35)	0.0042(35)	0.93(31)	0.0061	本文

注：1. 括弧内数字为样品数；2. 本文所列出的化学分析资料除注明出处的以外，均由地矿所八室完成的。